

УДК 005.311.2:004.94

П.М. Павленко, д-р техн. наук, доц.

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ОБ'ЄКТІВ В ІНФОРМАЦІЙНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ІНТЕГРОВАНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

Подано підхід до формалізації та моделювання інформаційних об'єктів життєвого циклу виробів промислових підприємств. Уведено визначення необхідних формальних понять.

Approach is presented to formalization and design of informations holding object of life cycle of wares of industrial enterprises. Determinations of necessary formal concepts are entered.

Вступ

Формалізація інформаційного опису виробничих даних про виробу, процеси й ресурси – одна з ключових проблем для розробників автоматизованих систем типу CAD/CAM/CAE, ERP та ін. Ця проблема особливо актуальна під час автоматизації задач технологічної підготовки виробництва (ТПВ) на підприємствах пострадянського простору засобами систем автоматизованого проектування технологічних процесів (САПР ТП) – закордонний аналог CAPP-системи (Computer Aided Process Planning)).

Аналіз виконаних досліджень

Міжнародні інтеграційні стандарти серії ISO 10303 (STEP), галузеві стандарти промислово розвинених країн, формати даних уніфікованих інтерфейсів CAD/CAM/CAE систем типу IGE, WDA, DFD ефективно використовуються розробниками автоматизованих систем виробничого призначення для опису сукупності даних про виріб на всіх етапах його життєвого циклу.

Проте згадані рішення майже не застосовуються для опису сукупності даних, необхідних для автоматизованого вирішення завдань ТПВ [1–3].

Використання інтеграційної мови опису моделей Express (ISO 10303-11) також не дає необхідного комплексного результату [2; 4].

Опубліковані в Росії міждержавні стандарти ГОСТ 2.052.2006 «Электронная модель изделия» і ГОСТ 2.053.2006 «Электронная структура изделия» подають тільки деякі концептуальні рішення зі структур і моделей даних, які потрібні розробникам автоматизованих систем.

Постановка завдання

Специфіка слабоформалізованих об'єктів (виробів, процесів, ресурсів) ТПВ не дозволяє використовувати існуючі стандарти, інтерфейси обміну даними та методики для їх формалізованого опису. Потрібна розробка методики моделювання даних на етапі ТПВ, яка дозволить описувати всі інформаційні об'єкти як на стадії попереднього

аналізу, так і безпосередньо під час автоматизованого проектування, виконання планових, розрахункових, управлінських та інших завдань в інтегрованому середовищі автоматизованих систем виробничого призначення.

Результати досліджень

Проведений аналіз інформаційних даних у відділах і службах головних технологів промислових підприємств показав, що інформаційні потоки ТПВ відрізняються:

- високою динамікою змін змісту й структури моделей об'єктів;
- множинністю моделей, закріплених за одним об'єктом;
- наявністю різноманітних зв'язків між моделями;
- інтенсивним формуванням нових моделей і документів у процесі вирішення завдань технологічної підготовки виробництва.

До інформаційних об'єктів висувають жорсткі вимоги щодо несуперечності, достовірності, повноти зафіксованої в них інформації. Ці вимоги залежать від необхідності забезпечення якості виробів, що випускаються, і мінімального терміну їх випуску.

Створювані моделі повинні також задовольняти вимоги ефективної інтеграції як між автоматизованими підсистемами ТПВ, так і між ТПВ та автоматизованими системами керування підприємствами (ERP-системами).

Отже, інформаційне забезпечення автоматизованих систем ТПВ має бути організоване відповідно до зазначеної специфіки інформаційного середовища, що можливо лише на основі використання сучасних інформаційних технологій, які дозволяють реалізувати новий підхід до моделювання об'єктів ТПВ у межах сучасних CALS-технологій і PLM-рішень.

Методика моделювання об'єктів ТПВ ґрунтується на таких концептуальних положеннях:

- моделювання об'єктів ТПВ виконується на основі розробленої інтегрованої моделі об'єкта ТПВ;

– інтегрована модель функціонує в середовищі єдиного інформаційного простору промислового підприємства;

– інтегрована модель функціонує під керуванням універсальної PDM-системи.

Основою розробки методики моделювання інформаційних об'єктів ТПВ є концептуальне моделювання предметної області.

Складність аналізу предметної області полягає в розглянутих раніше особливостях інформаційного середовища ТПВ.

Створення концептуальної моделі ТПВ доцільно вести на основі об'єктно-орієнтованого моделювання з використанням методів IDEF (0,...,12) і мови UML [5; 6]. Ця мова стала однією зі стандартних мов і використовується в інформаційному моделюванні й визначенні вимог до створюваних систем. Завдяки можливостям мови щодо формування повного комплексу візуальних моделей можна проектувати інформаційні системи, використовуючи загальну для всіх розробників мову опису компонентів системи.

Першим етапом формалізації інформаційних об'єктів є робота з аналізу функцій, завдань і процедур ТПВ, створення відповідних діаграм прецедентів і діаграм діяльності. На базі цих діаграм проектується концептуальна модель предметної області існуючої ТПВ і логічна модель предметної області створюваних підсистем ТПВ. Розглянемо способи створення концептуальної й логічної моделі предметної області ТПВ, на основі яких створюється інформаційне забезпечення автоматизованих систем.

Під час досліджень для ряду промислових підприємств розроблено діаграми прецедентів і діаграми діяльності. Аналіз цих діаграм дозволив виділити концептуальні об'єкти предметної області ТПВ, що відображають об'єкти, з якими потрібно маніпулювати на стадії ТПВ життєвого циклу виробу.

Виділимо групи концептуальних об'єктів ТПВ:

- конструкційні (виріб, складальна одиниця, деталь та ін.);
- технологічні (заготовка, технологічний перехід, обладнання, технологічне оснащення та ін.);
- нормативні (існують в довідниках, каталогах, стандартах і базах даних з нормативно-довідковою інформацією);
- управлінські (план-графіки виконання робіт ТПВ, розпорядження на їх виконання та ін.).

Концептуальні об'єкти зв'язуються між собою асоціаціями типу: «ціле – частина», «рід – вид», «має – належить». Концептуальна модель предметної області ТПВ утворюється організацією зв'язків між всіма концептуальними об'єктами.

Концептуальні об'єкти ТПВ можна зобразити за допомогою найрізноманітніших моделей, що відображають стан виробу під час проектування, виробництва та експлуатації.

Наведений аналіз показав, що за формою вираження можна виділити такі групи моделей:

- графічні;
- текстові;
- параметричні.

Графічні моделі – це моделі, що містять об'ємний образ фізичного об'єкта. Ці моделі синтезуються CAD-системами. Таких моделей у об'єкта може бути декілька:

- твердотільна;
- каркасна;
- поверхнева;
- модель креслення об'єкта.

Графічна модель може бути виражена не тільки у форматах CAD-систем, але й у нейтральних форматах типу IGES, STEP та ін.

Текстові моделі – це образи документів, збережені в електронному архіві у вигляді текстових файлів.

Наприклад, комплект документів на технологічний процес виготовлення деталі може складатися з десятків технологічних карт, включаючи титульний аркуш, маршрутну та операційні карти, карти з операційними ескізами, карти налагоджень верстата тощо.

З текстових моделей виділимо моделі, що відрізняються за своїм призначенням:

- функціональні;
- розпорядницькі;
- контрольні.

Функціональні моделі – це текстові моделі документів технічного призначення, які включають технічні завдання, пояснювальні записки, результати виконання розрахунків, кошторису та ін.

Розпорядницькі моделі – це текстові моделі розпоряджень на виконання завдання, пов'язані з обробкою моделей певного об'єкта виконавцем, групою виконавців або підрозділами. Ці моделі використовуються для керування процесом ТПВ виробу та його компонентів.

Контрольні моделі – це текстові моделі документів для планів і графіків виконання ТПВ виробу та його компонентів. Ці моделі використовуються для контролю процесу ТПВ виробу.

Параметричні моделі – це моделі об'єктів і процесів, що мають форму подання, яку не можна віднести ні до графіки, ні до тексту. Параметричні моделі мають регулярну структуру й звичайно зберігаються в базах даних і знань.

До параметричних моделей відносять:

- атрибутні бази даних, сформовані в автоматизованих системах;
- таблиці з типорозмірами конструктивних елементів і стандартних деталей;
- параметричні моделі технологічних процесів, які застосовують в САПР ТП;
- таблиці з типорозмірами технологічного оснащення.

Моделі, що виражають концептуальні об'єкти, можуть зберігатися в електронному архіві або у вигляді документа на твердому носії (папері). Виходячи зі стратегії CALS-технологій, вихідною передумовою будемо вважати те, що в інтегрованому інформаційному середовищі первинною є інформація, збережена в електронному архіві, і всі зміни інформації про об'єкт, передусім, фіксуються в електронному архіві. Тобто всі документи повинні мати свої текстові або графічні моделі в електронному архіві. У той же час не всі моделі мають свої аналоги на твердому носії. Друкування документа по моделі здійснюється лише за потреби й не є обов'язковим. За концептуальним об'єктом може бути закріплено декілька приналежних йому моделей. Наприклад, за складальною одиницею може бути закріплена її 2D і 3D модель, специфікація, технічне завдання на розроблення тощо.

Для концептуальної моделі предметної області ТПВ, на основі об'єктно-зорієнтованого підходу було створено логічну модель предметної області ТПВ, візуалізацію якої виконано за допомогою діаграм класів. У межах цієї моделі було розроблено комплекс класів даних і визначено зв'язки між ними.

Кожній групі концептуальних об'єктів відповідає свій комплекс класів.

Перший комплекс – це класи, створені на базі конструкційних концептуальних об'єктів, тобто класи типу:

- виріб;
- комплекс;
- комплект;
- складальна одиниця;
- деталь.

Другий комплекс – це класи, створені на основі технологічних концептуальних об'єктів, тобто класи типу «технологічний процес», «операція», «перехід» тощо.

Третій комплекс – це класи, створені на базі нормативних концептуальних об'єктів, тобто класи, що характеризують допоміжне інформаційне середовище технологічної підготовки виробництва.

Четвертий комплекс – це класи, що характеризують концептуальний об'єкт типу «управлінський об'єкт».

Кожен клас має свої властивості та методи, що дозволяють задати ідентифікаційні й пошукові параметри для об'єктів класу, тобто параметри, що відносяться до життєвого циклу й стану об'єкта, а також посилання на файли з моделями об'єкта. Класи об'єктів, об'єднані асоціаціями типу «ціле–частина», «має–належить», утворюють логічну модель предметного середовища ТПВ. Реальне функціонування інформаційних потоків у ТПВ виконується за рахунок об'єктів, створених на основі запропонованих класів.

Для подальшої формалізації концептуальних моделей уведемо термін «інформаційний об'єкт». Інформаційний об'єкт – це комплекс, що складається з об'єкта, створеного одним із розроблених класів і множини моделей, закріплених за цим об'єктом.

Для подальшого формалізованого опису позначимо i -й інформаційний об'єкт як IO_i . Наприклад, якщо інформаційний об'єкт закріплений за об'єктом «деталь», то використовуватимемо позначення IO – „деталь”.

Для інформаційних об'єктів характерні дві важливі властивості.

По-перше, інформаційні об'єкти у процесі реалізації стадій життєвого циклу виробу змінюють свій стан і доповнюються новими моделями, а раніше створені – модифікуються, тобто інформаційні об'єкти міняються в часі.

По-друге, інформаційні об'єкти зв'язані між собою різними відношеннями: „ціле–частина”, „рід–вид” тощо. Ці відношення відповідають асоціативним відношенням між класами, які створили ці об'єкти.

Під час побудови моделі виробу використовуватимемо відношення приналежності («має–належить»), під яким будемо розуміти зазначені вище відношення. Позначимо це відношення символом « \geq ».

Таким чином, якщо IO_i „має” IO_j , то IO_j „належить” IO_i , якщо $IO_i \geq IO_j$, то $IO_j \leq IO_i$.

Отже, це відношення є антирефлексивним і антисиметричним.

Проведений аналіз показав, що використання цього відношення є необхідним і достатнім для побудови структури моделі виробу. Інші відношення необов'язкові й, за потреби, можуть фіксуватися в моделі виробу, якщо це потрібно, для рішення окремих завдань ТПВ. Виходячи з терміна „інформаційний об'єкт”, дамо визначення інтегрованої моделі об'єкта ТПВ.

Інтегрована модель об'єкта ТПВ – це інформація про об'єкт ТПВ, зафіксована на певний момент життєвого циклу виробу, яка являє собою систему зв'язаних між собою інформаційних об'єктів ТПВ.

Позначимо модель об'єкта ТПВ як GIM.

У загальному вигляді GIM на момент t може бути записана так:

$$IM_t = \langle MIO_t, IM_t \rangle;$$

$$MIO_t = \{IO_{t,i}\}, \quad i = 1, n_t,$$

де MIO – множина інформаційних об'єктів, що утворюють склад IM ;

IM – граф, що фіксує зв'язки між інформаційними об'єктами.

Використовуючи математичну теорію графів, зв'язки між інформаційними об'єктами ТПВ можна описати у вигляді спрямованого графа, вершинами якого є інформаційні об'єкти, а дуги відображають відношення «має–належить». У першому наближенні будемо вважати граф GIM ієрархічним графом, тобто графом типу «дерево».

Кореневою вершиною дерева є IO класу «виріб». Ця вершина пов'язана з вершинами IO – «складальна одиниця», які, у свою чергу, пов'язані з вершинами IO – «складальна одиниця» наступного рівня деталізації та (або) з вершинами IO – «деталь». Вершини IO – «деталь» пов'язані з вершиною IO – «процес» і т. д.

Очевидно, що деякі об'єкти можуть повторюватися. Ті ж самі складальні одиниці й деталі можуть входити в різні складальні одиниці. Якщо для повторюваних інформаційних об'єктів дублювати їх розподіл на нижчестоячі IO , то граф IM дуже розростається. У такому випадку потрібно вводити рівні формалізації об'єктів, тобто первинний рівень, вторинний тощо.

Методика формалізованого опису може використовуватись для всіх названих концептуальних об'єктів ТПВ. Використання можливостей IDEF-методів та стандартних прикладних протоколів (згідно з вимогами ISO 10303) дозволяє як моделювати, так і подавати інформаційні об'єкти ТПВ для подальшого їх використання розробниками інтегрованих автоматизованих систем виробничого призначення.

Висновки

Наведені матеріали досліджень використовуються для моделювання інформаційних об'єктів під час створення автоматизованої системи ТПВ промислових підприємств.

Література

1. Павленко П.М. Автоматизовані системи технологічної підготовки розширених виробництв. Методи побудови та управління: монографія. – К.: Кн. вид-во НАУ, 2005. – 280 с.
2. Автоматизация производственных процессов в машиностроении / Н.М. Капустин, П.М. Кузнецов, А.Г. Схиртладзе и др. / под ред. Н.М. Капустина. – М.: Высш. шк., 2004. – 415 с.
3. Павленко П.М., Євдокимова Н.О. Формалізація процесу побудови інтегрованих інформаційних моделей автоматизованих систем // Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. – 2005. – № 2 (14). – С. 78–82.
4. Евгеньев Г.Б. Системология инженерных знаний. – М.: МГТУ им. Баумана, 2001. – 376 с.
5. Лешек А., Мацяшек В. Анализ требований и проектирование систем. Разработка информационных систем с использованием UML.: – М.: Изд. дом “Вильямс”, 2002. – 432 с.
6. Буч Г. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения: пер. с англ. – М.: Конкорд, 1992. – 519 с.

Стаття надійшла до редакції 26.02.08.